

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND**PRIORITY
DOCUMENT**SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

REC'D 25 AUG 2004
WIPO
PCT

**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung
einer Patentanmeldung**

Aktenzeichen: 103 32 078.4**Anmeldetag:** 11. Juli 2003**Anmelder/Inhaber:** Technische Universität Braunschweig
Carolo-Wilhelmina, 38106 Braunschweig/DE**Bezeichnung:** Verfahren zum Zerspanen eines Werkstücks
aus einer Titan-Basislegierung**IPC:** B 23 P 17/04

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 28. Juli 2004
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
 Im Auftrag

Stremme

Zusammenfassung

Es wird ein Verfahren zum Zerspanen eines Werkstücks aus einer Titan-Basislegierung mit folgenden Schritten vorgeschlagen:

- 5 a) Erhitzen des Werkstücks in einer wasserstoffhaltigen Atmosphäre, wobei das Werkstück Wasserstoff aufnimmt;
- 10 b) Abkühlen des Werkstücks;
- c) spanabhebende Bearbeitung des Werkstücks;
- d) Erhitzen des Werkstücks in einer wasserstofffreien Atmosphäre im Vakuum, wobei Wasserstoff herausgelöst wird.

15

Re/Be

GRAMM, LINS & PARTNER
Patent- und Rechtsanwaltssozietät
Gesellschaft für Patent- und Rechtsschutz

GRAMM, LINS & PARTNER GbR, Theodor-Heuss-Str. 1, D-38122 Braunschweig
Technische Universität
Braunschweig Carolo-Wilhelmina
Pockelsstraße 14
38106 Braunschweig

Unser Zeichen/Our ref.:
3022-009 DE-1

Braunschweig:
Patentanwalt Prof. Dipl.-Ing. Werner Gramm **
Patentanwalt Dipl.-Phys. Dr. jur. Edgar Lins **
Rechtsanwalt Hanns-Peter Schrammek **
Patentanwalt Dipl.-Ing. Thorsten Rehmann **
Rechtsanwalt Christian S. Drzymalla **
Patentanwalt Dipl.-Ing. Hans Joachim Gerstein **
Rechtsanwalt Dr. Stefan Risthaus
Patentanwalt Dipl.-Ing. Kai Stornebol **
Patentanwalt Dipl.-Phys. Dr. Joachim Hartung **

Hannover:
Patentanwältin Dipl.-Chem. Dr. Martina Läufer **

* European Patent Attorney
** European Trademark Attorney
** zugelassen beim LG u. OLG Braunschweig

Datum/Date
11. Juli 2003

Verfahren zum Zerspanen eines Werkstücks aus einer Titan-Basislegierung

5 Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Zerspanen eines Werkstücks aus einer Titan-Basislegierung.

Titan und Titanlegierungen haben drei charakteristische Eigenschaften, die Ihnen ihre technische Bedeutung geben: hohe Festigkeit bei guter Duktilität, niedriges 10 spezifisches Gewicht und gute Korrosionsbeständigkeit gegen oxidierende Säuren. Aufgrund dieser günstigen Kombinationen von Eigenschaften werden Titanlegierungen u.a. in der Luft- und Raumfahrt, in Strahltriebwerken und Hochleistungsmotoren und im chemischen Apparatebau eingesetzt.

Eine typische Legierung ist TiAl6V4 mit einer Zugfestigkeit von 900 – 1200N/mm² bei einer Bruchdehnung von etwa 10 %. In der Luft- und Raumfahrt wird dieser beliebte Titanwerkstoff für Kompressorschaufln, Nieten, Schrauben, über Schaltzellen, über Antriebswellen, Getriebeteile, Rotorköpfe bis hin zu Treibstoffbehältern und Brennkammergehäusen eingesetzt.

Antwort bitte nach / please reply to:

Hannover:

Freundallee 13
D-30173 Hannover
Bundesrepublik Deutschland
Telefon 0511 / 988 75 07
Telefax 0511 / 988 75 09

Braunschweig:

Theodor-Heuss-Straße 1
D-38122 Braunschweig
Bundesrepublik Deutschland
Telefon 0531 / 28 14 0 - 0
Telefax 0531 / 28 14 0 - 28

Titan und seine Legierungen sind zäh und schwer zerspanbar, so dass nur Schnittgeschwindigkeiten erzielt werden können, die etwa einem 20tel der erreichbaren Schnittgeschwindigkeiten von unlegiertem Stahl entsprechen.

5

Um in Großdieselmotoren, wie sie beispielsweise für Schiffe oder Lokomotiven verwendet werden, einen besseren Wirkungsgrad bzw. eine höhere Leistung zu erzielen, wird die einströmende Luft durch einen Turbolader vorverdichtet. Die Turboladerverdichterräder werden dabei in der Regel aus Aluminiumlegierungen hergestellt. Soll der Wirkungsgrad der Motoren weiter verbessert werden, muss das Verdichtungsverhältnis noch weiter erhöht werden. Bedingt durch die noch stärker erwärmte komprimierte Luft bewirken hohe Verdichtungsverhältnisse dann hohe Temperaturen an den Verdichterrädern. Aluminiumlegierungen eignen sich wegen ihrer zu geringen Warmfestigkeit nicht mehr für den Einsatz in solchen Turboladern. Aus diesem Grund wird TiAl6V4 eingesetzt. Die schlechte Zerspanbarkeit stellt aber ein großes Problem dar und erhöht die Fertigungskosten drastisch, muss aber in Kauf genommen werden.

Die Verdichterräder haben einen Durchmesser von bis zu 2 m. Zur Herstellung wird aus einem Materialblock ein Rohling geschmiedet. Die Endkontur der Verdichterschaufeln wird durch spanabhebende Fertigung aus dem Rohling durch einen Fräsprzess herausgearbeitet. Die Bearbeitungszeit des Werkstücks aus der Titanlegierung ist gegenüber eines aus Aluminium etwa verzehnfacht. Auf die spanende Bearbeitung entfällt daher ein hoher Anteil der Herstellkosten.

In Folge der hohen Schnittkräfte werden außerdem die Spanwerkzeuge thermisch sehr hoch belastet und sind einem hohen Verschleiss unterworfen.

Von dieser Problemstellung ausgehend soll ein Verfahren und eine Legierung zum Zerspanen eines Werkstücks aus einer Titan-Basislegierung, insbesondere aus

TiAl6V4, angegeben werden, das bzw. die höhere Schnittgeschwindigkeiten gestattet.

Zur Problemlösung zeichnet sich das Verfahren durch folgende Schritte aus:

5

- a) Erhitzen des Werkstücks in einer wasserstoffhaltigen Atmosphäre, wobei das Werkstück Wasserstoff aufnimmt;
- b) Abkühlen des Werkstücks;
- c) spanabhebende Bearbeitung des Werkstücks;
- d) Erhitzen des Werkstücks in einer wasserstofffreien Atmosphäre, insbesondere im Vakuum, wobei Wasserstoff herausgelöst wird.

10

Durch die in das Werkstück diffundierten Wasserstoffatome wird der Werkstoff gut zerspanbar. Insbesondere bei hohen Schnittgeschwindigkeiten nimmt die Schnittkraft um über 50 % gegenüber der herkömmlichen Titanlegierung ab. Beim erneuten Erhitzen des Werkstücks im Vakuum nach der Bearbeitung diffundieren die Wasserstoffatome aus dem Werkstoff wieder heraus und es wird die 20 ursprüngliche Duktilität wieder hergestellt.

15

Die Herstellkosten werden aufgrund der verminderten Bearbeitungszeit, insbesondere bei großen Bauteilen, drastisch reduziert. Auch der Werkzeugverschleiss wird reduziert. Erste Versuche haben eine Reduktion von 15% ergeben. Es hat sich insbesondere herausgestellt, dass die Abnahme der Schnittkraft bei höheren Schnittgeschwindigkeiten größer ist als bei niedrigen Schnittgeschwindigkeiten.

20

Zur Aufnahme des Wasserstoffs wird das Werkstück vorzugsweise auf 973 K 30 erhitzt. Das spätere Abkühlen erfolgt im außer Betrieb genommenen Glühofen.

Nach dem Abkühlen soll die Wasserstoffkonzentration im Werkstück unter 1,5 Gewichtsprozent Wasserstoff (H) in Titan (Ti) betragen.

Die wasserstoffhaltige Atmosphäre steht im Glühofen unter einem Druck von
5 $5 \cdot 10^3$ Pa. Dies entspricht einer Gleichgewichtskonzentration von etwa
0,5 Gew.-% Wasserstoff in Titan.

Die Glühzeit hängt prinzipiell von der Bauteilgeometrie ab. Sie beträgt in der was-
serstoffhaltigen Atmosphäre aber mindestens 2 Stunden.

10 Vorzugsweise bleibt das Werkstück auch beim Abkühlen der wasserstoffhaltigen
Atmosphäre ausgesetzt.

Damit der Wasserstoff möglichst rasch aus dem Werkstück wieder herausdiffun-
15 diert, beträgt das Vakuum vorzugsweise $2 \cdot 10^{-3}$ Pa. Die Glühtemperatur im Vaku-
um beträgt vorzugsweise wieder 973 K.

Das Aufheizen des Werkstücks erfolgt insbesondere vorzugsweise induktiv.
Oberflächenoxide und/oder weitere Deckschichten werden von dem Werkstück
20 vor dem Erhitzen zumindest in den Bereichen entfernt, die später spanend bear-
beitet werden sollen. Die Befreiung von Oberflächenoxiden oder Deckschichten
erfolgt vorzugsweise mittels einer Ätzlösung, die insbesondere vorzugsweise aus
einer Mischung aus H_2O_2 , HNO_3 und HF sowie H_2O_2 besteht.

Der Titan-Basislegierung, insbesondere der TiAl6V4-Basislegierung, kann Lanthan
beigemischt werden, wobei der Lanthan-Anteil 0,3 – 3 Atom-% beträgt.

Der Titan-Basislegierung kann auch Cer in geringen Mengen zugesetzt sein.

30 Überraschenderweise hat sich gezeigt, dass eine Titan-Basislegierung, der
Lanthan beigemischt ist, sich durch eine erhöhte Wärmeleitfähigkeit auszeichnet,

was die beim Zerspanen entstehende Reibungswärme reduziert. Bei Werkstücken aus einer Titan-Basislegierung mit Lanthan-Beimischung können folglich höhere Zerspangeschwindigkeiten realisiert werden als bei Werkstücken aus einer bisher bekannten Titan-Basislegierung. Diese höheren Schnittgeschwindigkeiten werden 5 erreichbar, ohne dass das Werkstück vor dem Zerspanen mit Wasserstoff beladen wird.

Anhand der beigefügten Figuren soll ein Ausführungsbeispiel der Erfindung nachfolgend näher erläutert werden.

5 Es zeigt:

Figur 1 einen Vergleich des Schnittkraftverlaufs zwischen herkömmlichem TiAl6V4 und mit Wasserstoff beladenem TiAl6V4 mit einer Spannungsdicke von 40 µm,

10

Figur 2 einen Vergleich des Schnittkraftverlaufs zwischen herkömmlichem TiAl6V4 und mit Wasserstoff beladenem TiAl6V4 mit einer Spannungsdicke von 80 µm,

15

Figur 3a das Zugversuchsdigramm zwischen TiAl6V4, mit Wasserstoff beladenem TiAl6V4 und von Wasserstoff entladenem TiAl6V4 bei 293 K,

20

Figur 3b das Zugversuchsdigramm zwischen TiAl6V4, mit Wasserstoff beladenem TiAl6V4 und von Wasserstoff entladenem TiAl6V4 bei einer Temperatur 773 K,

Figur 4 das Zustandsdiagramm Titan-Wasserstoff,

25

Figur 5 ein Diagramm zur Spananalyse,

Figur 6a eine Gefügeanalyse von TiAl6V4,

30

Figur 6b eine Gefügeanalyse von beladenem TiAl6V4,

Figur 6c eine Gefügeanalyse von entladenem TiAl6V4.

Figur 7a den Verlauf der Schnittkraft und der Härte von TiAl6V4 in Abhängigkeit vom Lanthan-Anteil,

5 Figur 7 b die verschiedenen Spanformen von TiAl6V4 in Abhängigkeit von dem Lanthan-Anteil.

Die Titan-Basislegierung TiAl6V4 wird herkömmlich hergestellt, d.h. Gießen, Schmieden, sowie die erforderlichen Wärmebehandlungen erfolgen nach dem 10 Stand der Technik, so dass ein Werkstoff mit Duplexgefüge und hohen Zugfestigkeiten bei guter Duktilität entsteht und nach Herstellung des Rohlings aus der Legierung dieser auf herkömmliche Art umgeformt werden kann.

Vor dem Zerspanen des Werkstücks wird die Legierung entweder vollständig 15 oder nur in den zu zerspanenden Bereichen mit einer Ätzlösung, die beispielsweise besteht aus 50 ml H_2O , 50 ml HNO_3 , 10 ml der Lösung [12 ml HF + 70ml H_2O_2], 5 ~ 10 Minuten gereinigt, so dass Oberflächenoxide und mögliche Deckschichten an der Werkstückoberfläche entfernt werden. Anschließend wird das Werkstück in einem Induktionsofen, in dem eine wasserstoffhaltige Atmosphäre 20 mit einem Druck von $5 \cdot 10^3$ Pa herrscht, auf eine Temperatur von 973 K (700°C) gebracht und mindestens 2 Stunden geglüht, wodurch Wasserstoffatome in das Werkstück diffundieren und sich in dem Grundwerkstoff einlagern. Die Diffusionsgeschwindigkeit von Wasserstoff in Titan ist im Vergleich zu anderen Metallen hoch. Bei 973 K etwa 0,1 mm/min. Das bedeutet, dass bei einer Stunde 25 Glühzeit eine Eindringtiefe des Wasserstoffs in das Titanwerkstück von 6 mm zu erwarten ist. Die Eindringtiefe erhöht sich mit steigender Temperatur. Da das zu zerspanende Volumen bekannt ist, kann die Beladungszeit entsprechend angepasst werden, so dass nur die zu zerspanenden Bereiche mit Wasserstoff angereichert sind. Die Glühzeit hängt prinzipiell von der Bauteilgeometrie ab. Je größer 30 die zu zerspanenden Bereiche der Bauteile sind, um so länger muss das

Werkstück gegläht werden. Die Wasserstoffkonzentration im Werkstück soll nach dem Abkühlen 0,5 Gew.-% im Titan betragen.

Zum Abkühlen wird der Induktionsofen ausgeschaltet und das Werkstück sich:

5 selbst überlassen. Wenn es eine Temperatur erreicht hat, die eine weitere Bearbeitung gestattet, wird das mit Wasserstoff beladene Werkstück spanabhebend bearbeitet. Figur 5 zeigt den Segmentierungsgrad G über der Schnittgeschwindigkeit v_c für einen beladenen und einen unbeladenen Werkstoff bei einer Spannungsdicke a_p von 40 μm und von 80 μm .

10

Der Segmentierungsgrad bestimmt sich nach der Formel:

$$G = \frac{h_{\max} - h_{\min}}{h_{\max}}$$

15 wobei bei $0 < G < 0,3$ ein Fließspan vorliegt, bei $G \approx 0,3$ ein Übergangsspan und bei $G > 0,3$ ein Segmentspan vorliegt.

Dem linken Bereich der Figur 5 ist entnehmbar, dass nach der Beladung des Werkstoffs mit Wasserstoff sich bei der Zerspanung ein schnittgewindigkeitsabhängiger Übergang vom Fließ- zum Segmentspan einstellt, der beispielsweise auch bei der Zerspanung von Stählen und Aluminiumlegierungen beobachtet werden kann, nicht jedoch bei unbeladenem TiAl6V4.

25 Segmentspäne haben ein sägeblattartiges Aussehen, während Fließspäne Späne mit konstantem Querschnitt über der Spanlänge sind.

Nach dem Zerspanen wird das Werkstück erneut geätzt und dann gegläht. Diesmal wird ein Vakuum von $2 \cdot 10^{-3}$ Pa angelegt. Das Werkstück wird wieder bei 773 K gegläht, damit die Wasserstoffatome aus dem Werkstück wieder herausdiffundieren können, wodurch die ursprüngliche Duktilität des Werkstücks hergestellt wird.

stellt wird. Wenn die Duktilität des mit Wasserstoff beladenen Werkstücks im Ausnahmefall für bestimmte Einsatzzwecke ausreichend hoch ist, kann auf das erneute Glühen nach dem Zerspanen verzichtet werden.

- 5 Wie Figuren 3a und 3b zeigen, sind die Anforderungen an die Festigkeit und die Duktilität des Werkstoffs bei Raumtemperatur (293 K) als auch bei 973 K durch die modifizierte Legierung gewährleistet. Die erreichte Festigkeit der wasserstoffbeladenen Proben lag innerhalb der vom α -Phasenanteil abhängigen Schwankungsbreite verschiedener Duplexgefüge. Wie Figur 3a zeigt, führt das
- 10 Beladen des Werkstoffes (Werkstück) bei einer Abnahme der Festigkeit um etwa 8 % zu einer Verminderung der Bruchdehnung, die in einer abnehmenden Bruchdehnung von 20 % auf 8 % resultiert. Durch die nachgestellte Entladungsbehandlung kann bei gleichbleibender Festigkeit die Zähigkeit wieder auf etwa 16 %, also deutlich gesteigert werden. Alle drei Werkstoffe zeigen ein duktiles
- 15 Bruchverhalten mit einer wabenartigen Bruchfläche. An den Proben war eine deutliche Brucheinschnürung zu erkennen.

Figur 3b ist entnehmbar, dass die Festigkeit der beladenen Probe gegenüber der Referenzprobe bei 773 K (500 °C) geringfügig erhöht ist, was durch eine erhöhte Diffusionsgeschwindigkeit des Wasserstoffs in Titan bei dieser Temperatur zu erklären ist, so dass es zu einer Behinderung der Versetzungsbewegung kommt. Bei der Bruchdehnung lassen sich hingegen keine Unterschiede messen:

- 20 Wasserstoff stabilisiert bekanntlich die kubisch raumzentrierte β -Phase in Titan. Entsprechend wird gemäß dem in Figur 4 dargestellten Zustandsdiagramm Ti-H die Phasenumwandlung $\alpha \rightarrow \beta$ durch Zulegieren von Wasserstoff zu tieferen Temperaturen hin verschoben, so dass bei einer Wärmebehandlung bei 700 °C (973 K) in wasserstoffhaltiger Atmosphäre mit der Umwandlung in ein reines β -Titangefüge zu rechnen wäre. Wärmebehandlungen im Einphasengebiet führen in
- 25 der Regel zu einem grobkörnigen Gefüge. An drei verschiedenen Proben wurde eine Gefügeanalyse durchgeführt. Die Figuren 6a bis 6c zeigen, dass es nicht zu

einer unerwünschten Gefügeveränderung durch Kornwachstum kommt, also völlig überraschend nach der Dotierung offensichtlich kein einphasiges β -Titan vorliegt. Wahrscheinlich ist dies auf die Wirkung des Legierungselementes Aluminium als α -Stabilisator zurückzuführen. Ein grobkörniges Gefüge würde die mechanischen Eigenschaften des Werkstoffes deutlich verschlechtern. Erfindungsgemäß ist aber die Stabilität des Gefüges sichergestellt.

Der Titan-Basislegierung, insbesondere der Legierung TiAl6V4, kann Lanthan in einer Menge von 0,3 bis 3 Atom-% beigemischt werden. Bis zu einem Lanthangehalt von 1,5 Atom-% findet eine vollständige Ausscheidung des Lanthans im Grundgefuge statt. Die Partikel haben eine durchschnittliche Größe von 12 μm . Die Verteilung der Lanthanausscheidungen beschränkt sich auf die Korngrenzen und das Korninnere zwischen den Dendriten des Gussgefuges. Untersuchungen haben ergeben, dass die Ausscheidungen als nahezu reines Lanthan identifiziert werden. Sauerstoff oder Stickstoff sind nicht nachzuweisen. Bei Lanthangehalten ab 2 Atom-% bildet sich neben den Lanthanausscheidungen eine zweite Phase. Das Gefüge der zweiten Phase besteht aus einer Lanthanmatrix (80 % des Gefüges) mit meanderförmigen Titaneinschlüssen (etwa 20 %). Aluminium oder Vanadium lassen sich nicht nachweisen. Ein nahezu gleiches Aussehen des Gefüges ist erreichbar, wenn der Legierung anstatt Lanthan Cer beigemischt wird.

Die Legierung TiAl6V4 mit Lanthan wird in einem Vakuum-Lichtbogenofen hergestellt. Als Vorlegierung wird die herkömmliche TiAl6V4-Legierung verwendet, die mit elementarem Lanthan als Block zusammen in den Ofen verbracht wird. Vor dem Schmelzen wird zunächst ein Vakuum von beispielsweise 10^{-3} Pa erzeugt, um Sauerstoff aus der Ofenkammer zu entfernen. Der Zündvorgang des Lichtbogens erfolgt dann bei circa $6 \cdot 10^4$ Pa in der Ofenkammer. Da Titan bei Raumtemperatur nur sehr geringe Mengen von Lanthan lösen kann, entsteht bei der Herstellung der Legierung ein Gefüge aus TiAl6V4 mit diskret ausgeschiedenen Lanthan-Partikeln. Vor dem Einschmelzen muss die Oxidschicht auf dem Lanthanblock entfernt werden. Dies geschieht zum Beispiel mechanisch mit einer

Feile mit anschließender Reinigung und Lagerung in Alkohol oder Azeton bis zum Verbringen des Lanthans in den Ofen. Bei Schmelzen der Legierung zeigt sich überraschenderweise, dass sich die Wärmeleitfähigkeit der lanthanhaltigen Legierung gegenüber der Standardlegierung erhöht, da die Schmelze deutlich schneller abkühlt als die Legierung ohne Lanthanzusatz. Damit die technische Anwendbarkeit der Legierung gewährleistet ist, muss die Legierung thermo-mechanisch behandelt werden, um ein Duplexgefüge herzustellen. Die Legierung lässt sich hierzu in einem Temperaturbereich zwischen 973 K und 1023 K beispielsweise durch Strangpressen umformen. Im stranggepressten Zustand erreicht diese Legierung eine Zugfestigkeit von etwa 1000 N/mm² und ist damit mit der Basislegierung TiAl6V4 vergleichbar.

Wie Figur 7a zeigt, vermindert sich die Schnittkraft in Abhängigkeit des Lanthangehalts. Sie setzt ab einem Lanthangehalt von 0,3 Atom-% ein und reduziert die Schnittkraft um 20 % bei einem Lanthangehalt von 0,5 Atom-%. Wie die Figur weiterhin zeigt, ändert sich die Härte des Werkstoffs durch Zulegieren von Lanthan so gut wie nicht.

Figur 7b zeigt, dass bei der Zerspanung von TiAl6V4 ohne Lanthan-Zusatz ein Band- oder Wirrspan entsteht. Durch das Zulegieren von Lanthan ergeben sich bei der Zerspanung kurzbrechende Späne, wie sie zum Beispiel von Automatenstählen bekannt sind, jedoch nicht von TiAl6V4. Erklärbar ist dies durch die Anwesenheit der Lanthanpartikel im Gefüge. Der kurzbrechende Span hat den Vorteil, dass die Kontaktfläche und damit die Kontaktzeit zwischen Span und Schneidfläche des Werkzeugs verringert wird, wodurch sich die in der Kontaktzone entstehende Reibungswärme deutlich vermindert. Durch die erhöhte Wärmeleitfähigkeit wird die entstehende Reibungswärme zu einem wesentlich größeren Teil als bei TiAl6V4 in den Span abgeleitet, wodurch die thermische Belastung des Werkzeugs herabgesetzt wird und sich damit die Standzeit erhöht, was die Bearbeitungskosten reduziert.

Re/Be

GRAMM, LINS & PARTNER
Patent- und Rechtsanwaltssozietät
Gesellschaft bürgerlichen Rechts

GRAMM, LINS & PARTNER GbR, Theodor-Heuss-Str. 1, D-38122 Braunschweig

Technische Universität;
Braunschweig Carolo-Wilhelmina
Pockelsstraße 14

38106 Braunschweig

Unser Zeichen/Our ref.:
3022-009 DE-1

Braunschweig:
Patentanwalt Prof. Dipl.-Ing. Werner Gramm **
Patentanwalt Dipl.-Phys. Dr. jur. Edgar Lins **
Rechtsanwalt Hans-Peter Schrammok **
Patentanwalt Dipl.-Ing. Thorsten Rehmann **
Rechtsanwalt Christian S. Drzymalla **
Patentanwalt Dipl.-Ing. Hans Joachim Gerstein **
Rechtsanwalt Dr. Stefan Risthaus
Patentanwalt Dipl.-Ing. Kai Störnebel **
Patentanwalt Dipl.-Phys. Dr. Joachim Hartung *

Hannover:
Patentanwältin Dipl.-Chem. Dr. Martina Läufer **

* European Patent Attorney
** European Trademark Attorney
** zugelassen beim LG u. OLG Braunschweig

Datum/Date:
11. Juli 2003

Patentansprüche

1. Verfahren zum Zerspanen eines Werkstücks aus einer Titan-Basislegierung
5 mit folgenden Schritten:

- a) Erhitzen des Werkstücks in einer wasserstoffhaltigen Atmosphäre, wobei das Werkstück Wasserstoff aufnimmt;
- b) Abkühlen des Werkstücks;
- c) spanabhebende Bearbeitung des Werkstücks;
- d) Erhitzen des Werkstücks in einer wasserstofffreien Atmosphäre, wobei Wasserstoff herausgelöst wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Werkstück zum Herauslösen von Wasserstoff im Vakuum erhitzt wird.

Antwort bitte nach / please reply to:

Hannover:

Freundallee 13
D-30173 Hannover
Bundesrepublik Deutschland
Telefon 0511 / 988 75 07
Telefax 0511 / 988 75 09

Braunschweig:

Theodor-Heuss-Straße 1
D-38122 Braunschweig
Bundesrepublik Deutschland
Telefon 0531 / 28 140 - 0
Telefax 0531 / 28 140 - 28

3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Werkstück zur Aufnahme von Wasserstoff auf etwa 973 K erhitzt wird.
4. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die wasserstoffhaltige Atmosphäre unter einem Druck von etwa $5 \cdot 10^3$ Pa steht.
5. Verfahren nach einem oder mehreren der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Glühzeit in der wasserstoffhaltigen Atmosphäre mindestens 2 Stunden beträgt.
6. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Werkstück in der wasserstoffhaltigen Atmosphäre abgekühlt wird.
- 15 7. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Vakuum mindestens $2 \cdot 10^{-3}$ Pa beträgt.
8. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Glühtemperatur in der wasserstofffreien Atmosphäre, insbesondere im Vakuum mindestens 773 K beträgt.
- 20 9. Verfahren nach Anspruch 1 oder 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Erhitzung induktiv erfolgt.
- 5 10. Verfahren nach einem oder mehreren der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Wasserstoffkonzentration im Werkstück nach dem Abkühlen weniger als 1,5 Gew.-% in Titan beträgt.
11. Verfahren nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Wasserstoffkonzentration 0,5 Gew.-% beträgt.

12. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Werkstück vor dem Erhitzen zumindest bereichsweise von Oberflächenoxiden und/oder weiteren Deckschichten befreit wird.
- 5 13. Verfahren nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass die Oberflächenoxide und/oder weitere Deckschichten mittels einer Ätzlösung entfernt werden.
- 10 14. Verfahren nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass als Ätzlösung eine Mischung bestehend aus H₂O, HNO₃, HF und H₂O₂ verwendet wird.
- 15 15. Verfahren nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, dass als Ätzlösung ein Gemisch aus 50 ml H₂O, 50 ml HNO₃, 10 ml der Lösung [112 ml HF + 70ml H₂O₂] verwendet wird.
- 20 16. Werkstück zu der Verwendung in dem Verfahren nach einem oder mehreren der vorstehenden Ansprüche, bestehend aus TiAl6V4.
17. Werkstück nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, dass der Legierung TiAl6V4 Lanthan beigemischt ist.
- 20 18. Werkstück nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, dass der Lanthan-Anteil 0,3 – 3 Atom-% beträgt.
- 5 19. Werkstück nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, dass der Legierung Cer beigemischt ist.
- 20 20. Werkstück nach Anspruch 19, dadurch gekennzeichnet, dass der Cer-Anteil weniger als 3 Atom-% beträgt.

30

21. Legierung zur Herstellung eines Werkstücks aus einer Titan-Basislegierung,
gekennzeichnet durch einen Lanthananteil von 0,3 – 3 Atom-%.

Re/Be

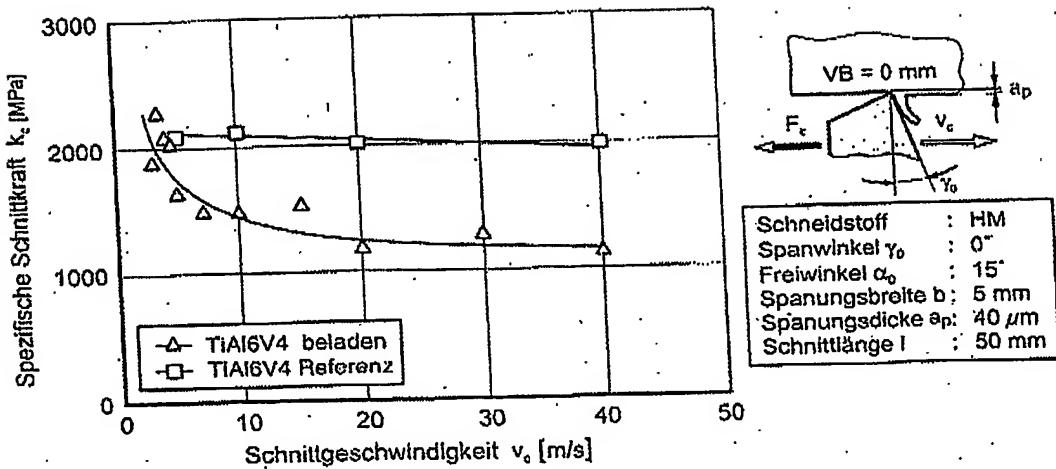


Fig.1

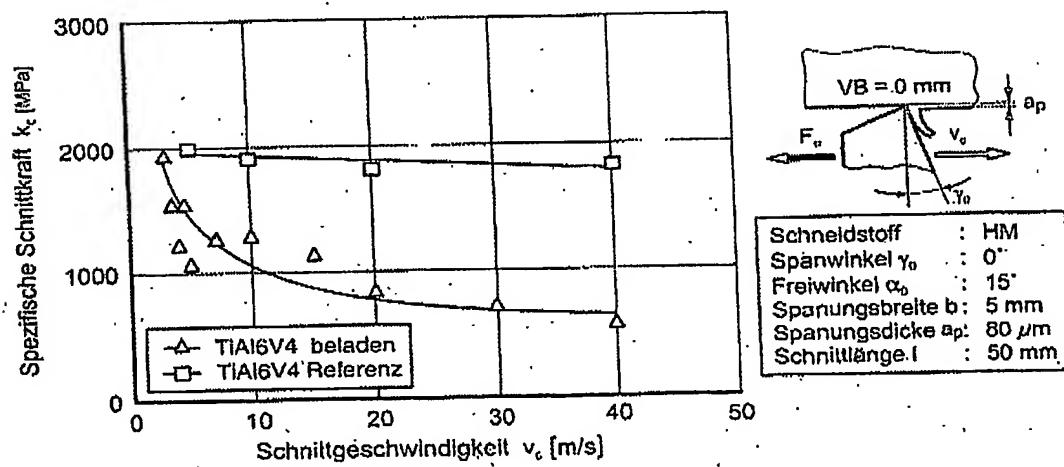


Fig.2

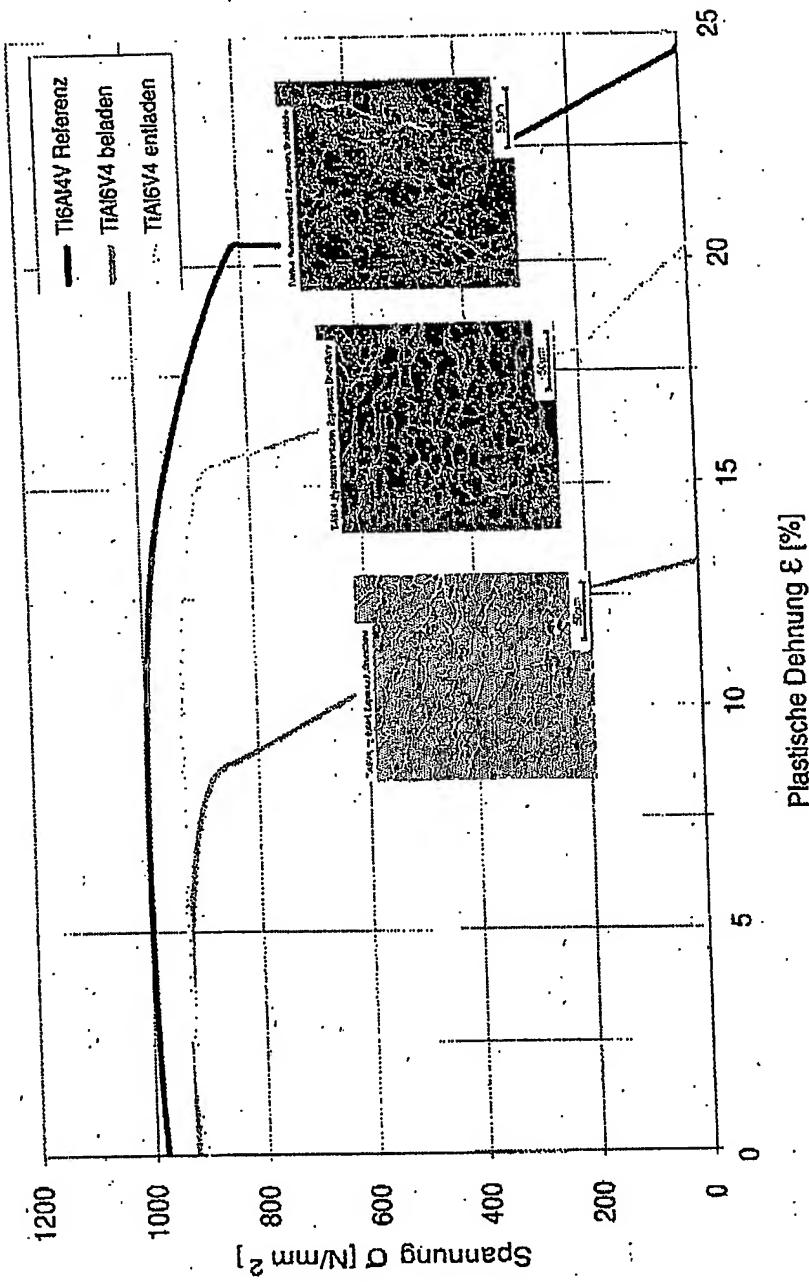


Fig. 3a

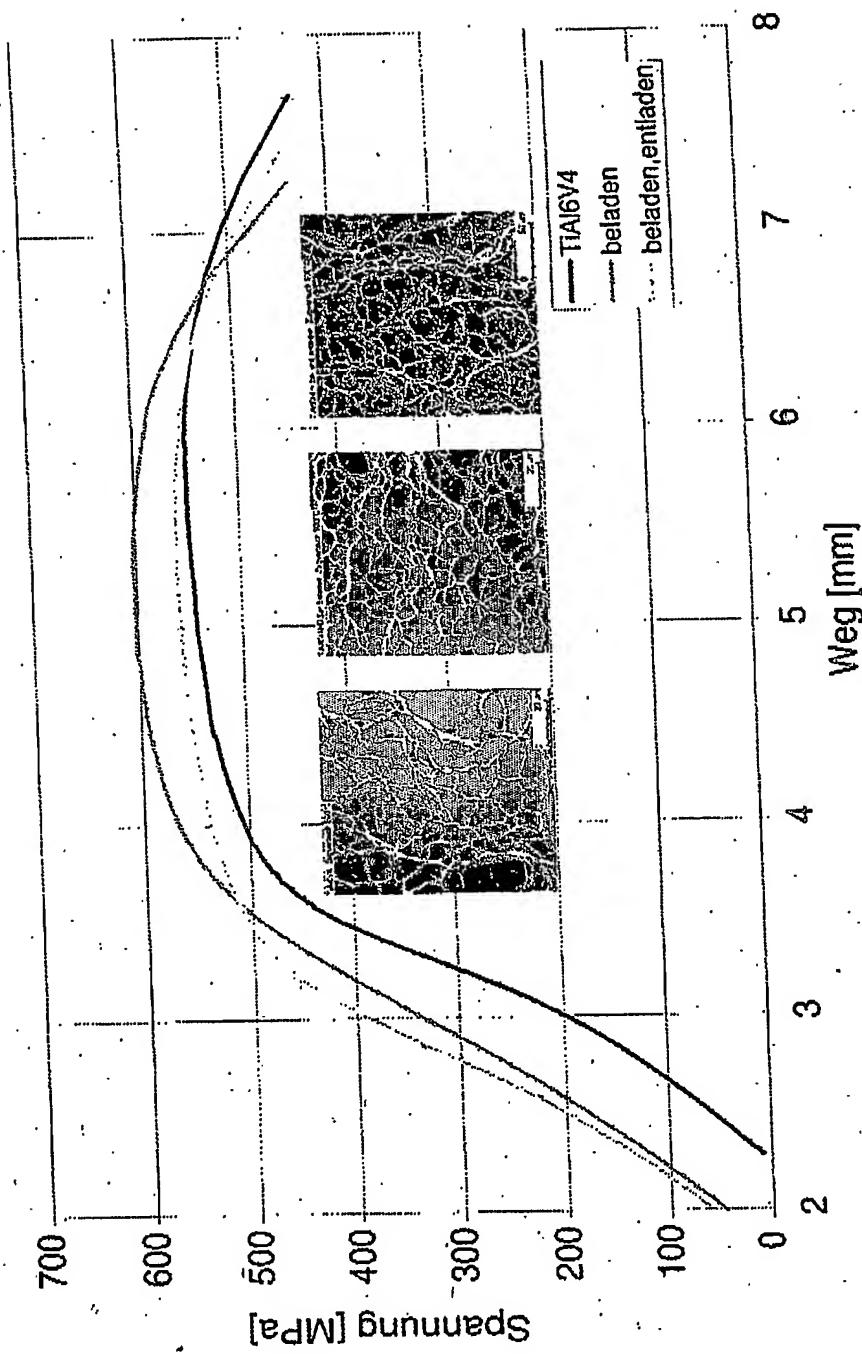


Fig.3b

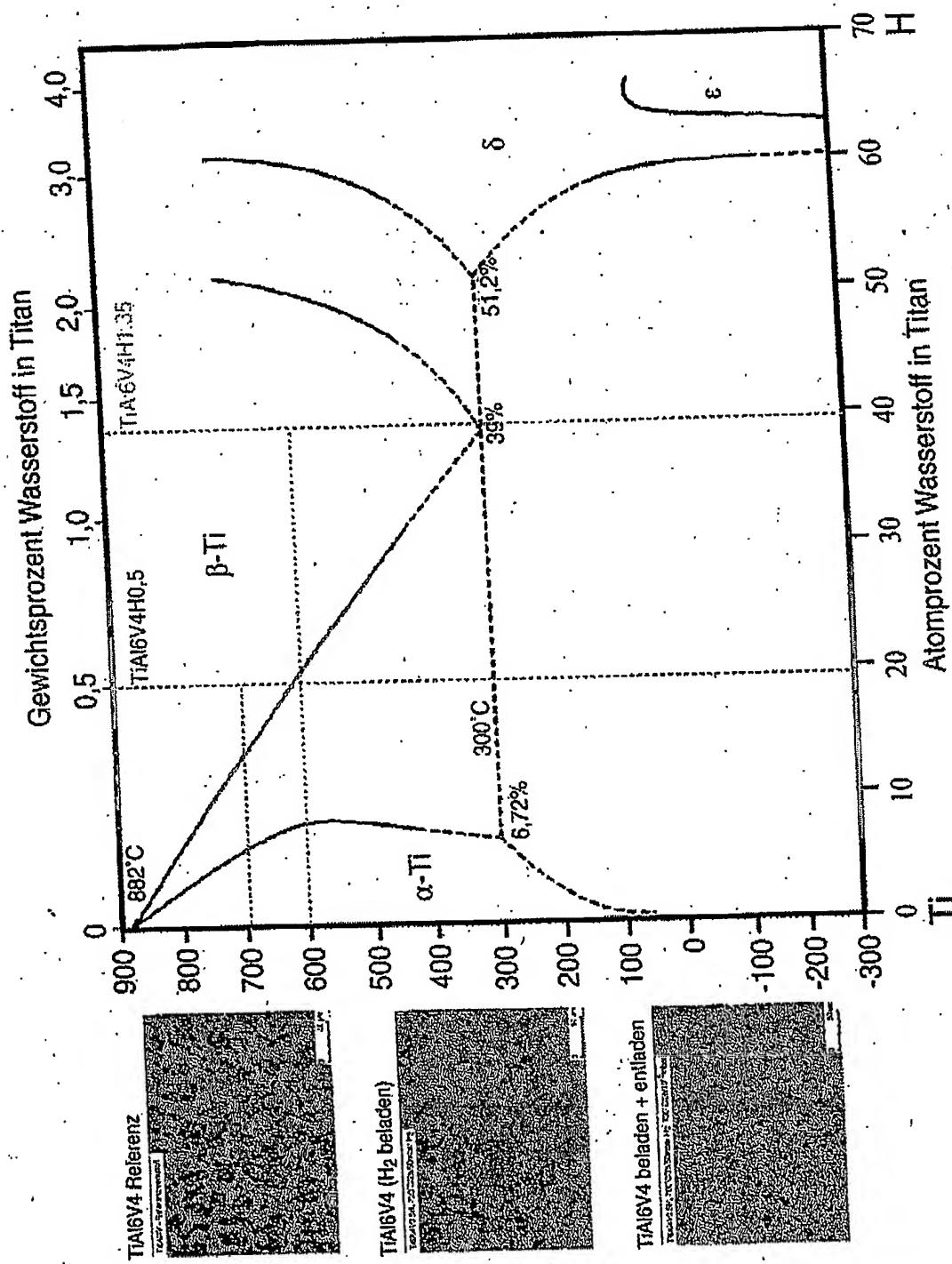


Fig.4

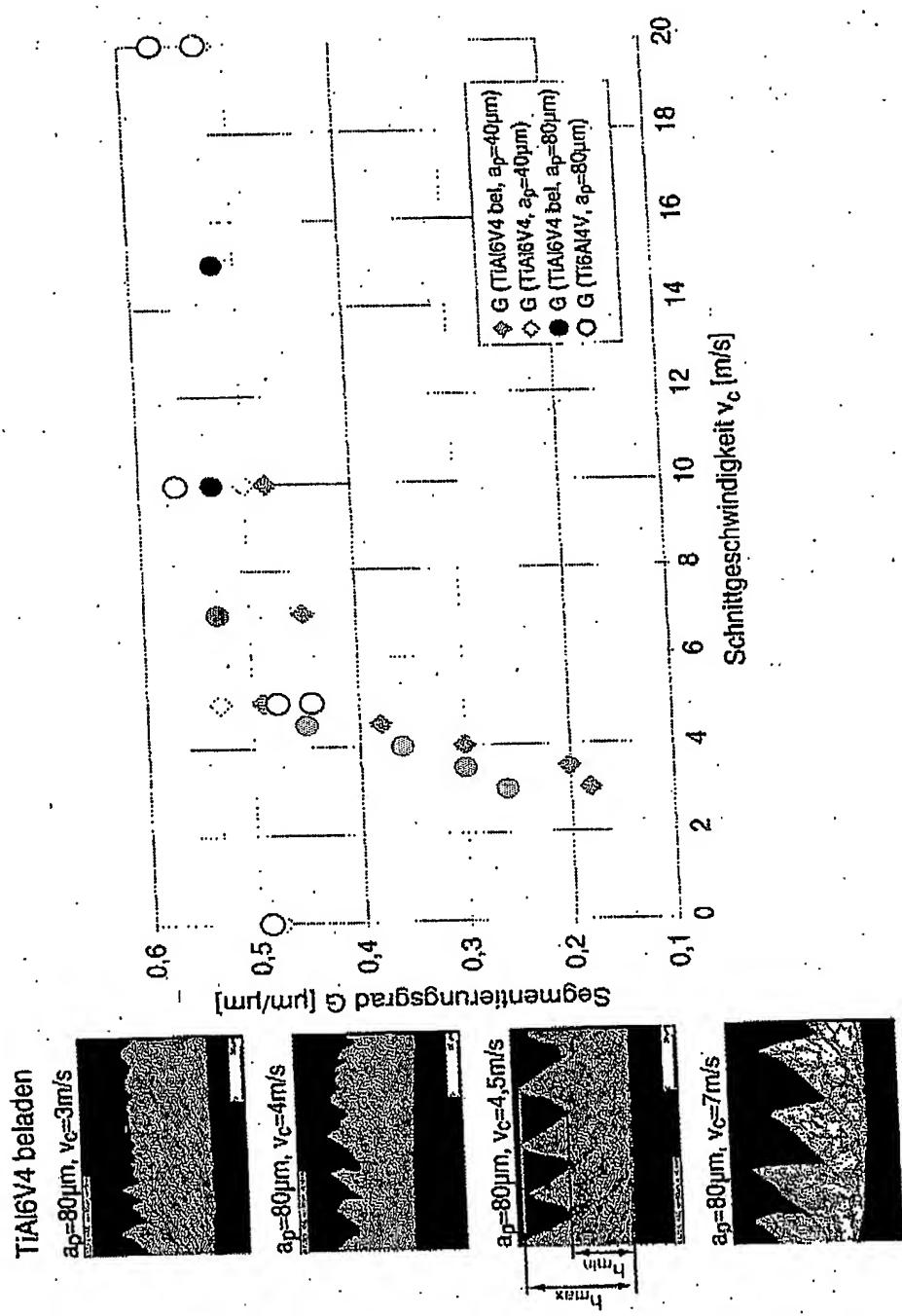


Fig.5

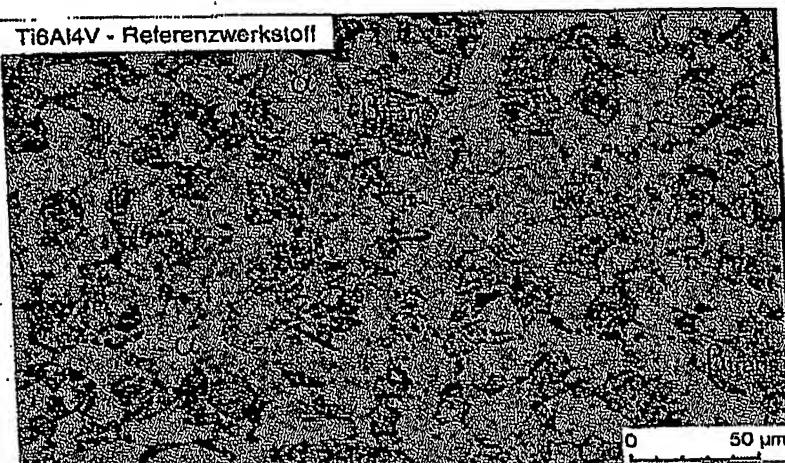


Fig.6a

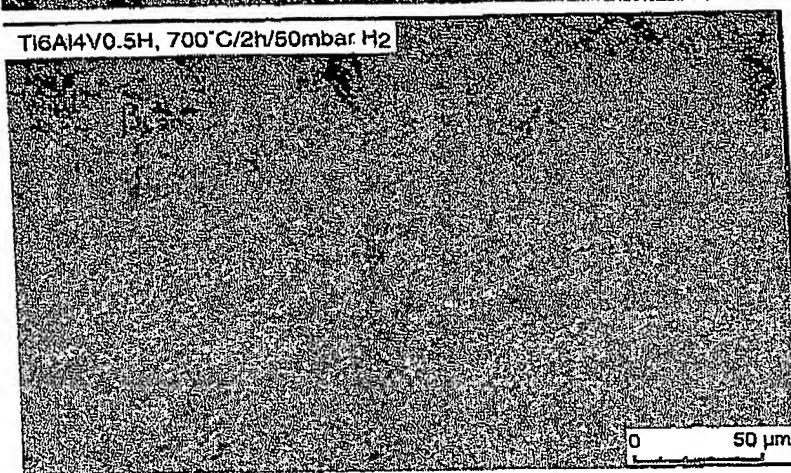


Fig.6b

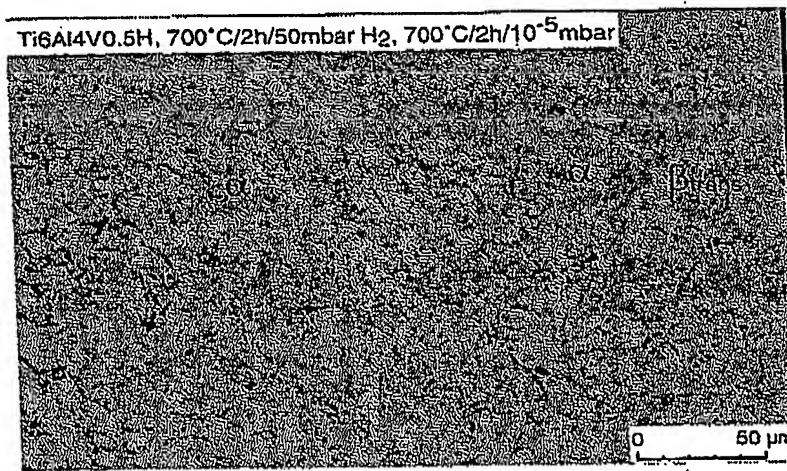


Fig.6c

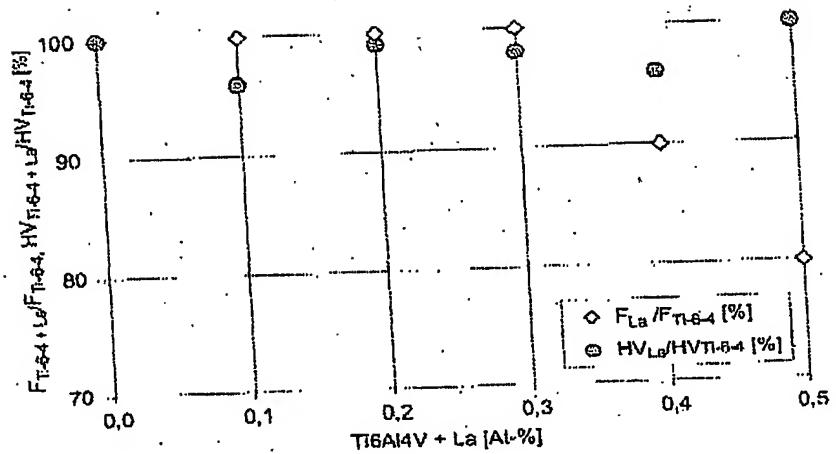


Fig. 7a



Fig. 7b

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- BLACK BORDERS**
- IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- FADED TEXT OR DRAWING**
- BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- SKEWED/SLANTED IMAGES**
- COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- GRAY SCALE DOCUMENTS**
- LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.